

GENERIC MAPPING TOOLS (GMT) – EIN WERKZEUG ZUR VISUALISIERUNG RÄUMLICHER DATEN

Frank Niemeyer

Professur für Geodäsie und Geoinformatik,
Universität Rostock

Kurzfassung: Heutige wissenschaftliche Arbeiten mit geographischem Bezug kommen nicht ohne Graphiken, Diagramme oder Kartenausschnitte aus. Visualisierungen von Erdbebendaten, Deformationsvektoren oder statistischen Daten seien als Beispiele genannt. Die Anforderungen an georeferenzierte Daten sind in diesen Fällen meist nicht besonders hoch. Oftmals reicht es bspw. aus, Küstenlinien, Flussläufe, Ländergrenzen und Städte darzustellen.

Die Generic Mapping Tools (GMT) stellen speziell für diese Aufgabenbereiche verschiedene Werkzeuge und Hintergrunddaten (Geodaten) mit unterschiedlichen Auflösungen zur Verfügung. Verschiedene Einzelprogramme (Tools) können zu einem passenden Endergebnis kombiniert werden. Der Aufruf dieser Tools erfolgt über die Befehlszeile mit unterschiedlichen nachgestellten Parametern. Es gibt ca. 100 Parameter, die dem Benutzer viele individuelle Einstellungen wie z.B. die Kartenprojektion, das Abbildungsgebiet, Farben etc. erlauben. Die Tools erzeugen im Ergebnis Postscriptdateien. Zum Betrachten können verschiedene Viewer, wie z.B. Ghost View oder der Acrobat Reader benutzt werden.

Durch den relativ einfachen Aufruf der Programme bieten sich Skriptsprachen, wie z.B. Perl oder csh zur Programmentwicklung an. Zudem können die Befehlsbibliotheken von GMT in C oder Fortran eingebunden werden.

Da das Anwendungsspektrum von GMT sehr groß und vielseitig ist, sollen in diesem Beitrag anhand von Beispielskripten einzelne Befehle und Parameter, wie z. B. Darstellungen von Kartenausschnitten und Einblenden von Text erklärt werden.

1 Einleitung

Für wissenschaftliche Veröffentlichungen mit geographischem Bezug werden in einer großen Anzahl von Fällen kaum hochauflösende Geodaten benötigt. Meist dienen Karten lediglich als Hintergrund oder globales Bezugsmedium. Küstenlinien, Flussläufe und Staatsgrenzen werden oft als sekundäre Informationen dargestellt. Primäre Informationen, z.B. Ergebnisse einer wissenschaftlichen Arbeit, sollen zudem an der richtigen Position in einer relativen Größe angezeigt werden. Als Beispiel sei hier die

Visualisierung der Dislokationsvektoren in der Nähe eines Erdbebenherdes in Abb. 1 dargestellt.

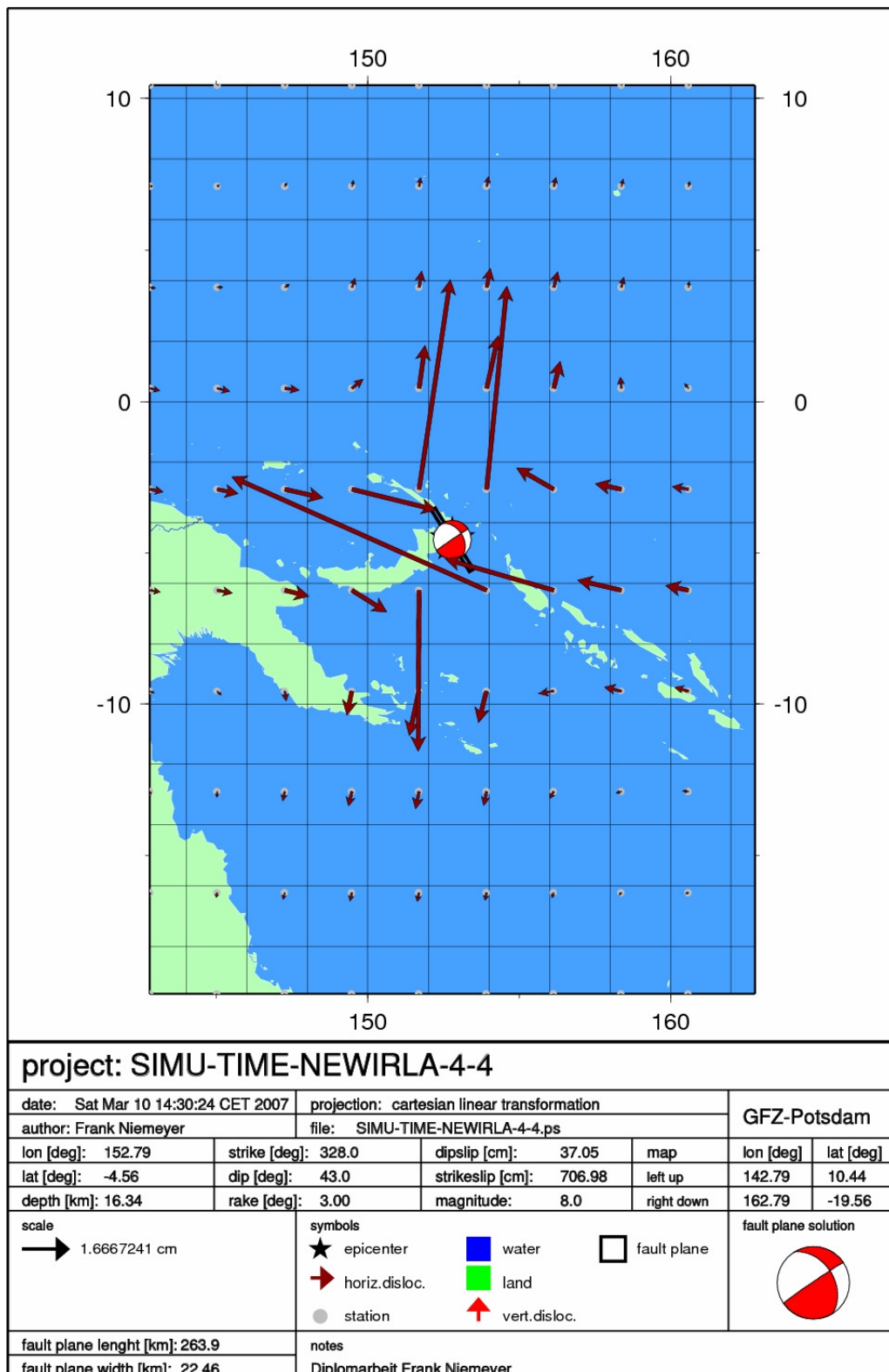


Abb. 1: Beispiel aus F. Niemeyer, 2007 (Diplomarbeit)

1988 entwickelten Pål (Paul) Wessel (University of Hawai'i at Manoa) und Walter H. F. Smith (NOAA/NESDIS) die „Generic Mapping Tools“ (GMT). Mit Hilfe einzelner Werkzeuge und ca. 100 nachgestellter Parameter ist eine relativ einfache Erstellung von primären wissenschaftlichen Daten auf sekundären geographischen Hintergrunddaten möglich. Die „Generic Mapping Tools“ wurden unter den Bedingungen der GNU General Public License für jedermann unter der Adresse <http://gmt.soest.hawaii.edu/> [2] kostenlos zur Verfügung gestellt. Vor allem Wissenschaftler und Ingenieure benutzen diese Tools weltweit. Aus den unterschiedlichsten wissenschaftlichen Sparten kommen spezielle Entwicklungen hinzu, wie z.B. aus dem Bereich der Seismology und Geodäsie das „MECA“ – Package mit dem Befehl „psmeca“, der zur Darstellung der Herdflächenlösung für Erdbeben verwendet wird. Ein anderer Befehl aus demselben Paket ist „psvelo“. Mit „psvelo“ ist es möglich, Pfeile bzw. Vektoren in Abhängigkeit ihrer Größe skaliert darzustellen. Dabei halten sich alle Erweiterungen an die Vorgaben spezieller Parameter, wie z.B. die Projektion, den Kartenrand etc. Weitere zusätzliche Pakete sind unter http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/gmt_suppl.html zu finden.

GMT funktioniert kommandozeilenorientiert, d.h. es existiert keine offizielle Benutzeroberfläche zum Erstellen von Graphiken. Dadurch bleibt eine flexible Skriptprogrammierung gewährleistet. Als Ergebnis können PostScript-Dateien (ps-Datei) oder Encapsulated PostScript-Dateien (EPS-Datei) erzeugt werden. Ursprünglich wurde GMT für Unix und Linux entwickelt. Neuere Versionen stellen aber auch den gleichen Toolumfang für Windows-Systeme zur Verfügung.

2 Methoden

Die Funktionsweise und die Leistungsfähigkeit von GMT soll hier an einfachen Beispielen erklärt werden. Dabei wird sich auf die Erstellung einer Karte mit Verschiebungsvektoren beschränkt. Werkzeuge, wie z.B. 2D- und 3D-Diagrammdarstellungen, 3D-Oberflächenmodelle, 3D-Funktionsdarstellungen, Gridding, Contouring, die Benutzung von mathematischen Funktionen von GMT und Zeitreihendarstellungen bleiben unberücksichtigt und können unter [2, Examples] nachvollzogen werden.

2.1 Standardisierte Parameter

Die einzelnen GMT-Tools benutzen gleiche Parameter, wie bspw. die der Kartenprojektion, der Orientierung (Hoch- oder Querformat) oder der Verschiebung. Eine Übersicht dieser standardisierten Parameter findet man in Tabelle 1. (http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/GMT_Docs/node22.html).

| STANDARDIZED COMMAND LINE OPTIONS | |
|--|---|
| -B [p s]xinfo[/yinfo[/zinfo]][WESNZwesz+][.:title:] | Tickmarks. Each <i>info</i> is [t]stride[±phase][u][l p][:”label”][:=”prefix”][:,”unit”:], where l and p apply to \log_{10} axes only, and type t = { a, A, f, g, i, I }; unit u = { c, C, d, D, h, H, K, k, m, M, o, O, r, R, u, U, y, Y } The leading p s selects primary [Default] or secondary axis items |
| -H [i][n_headers] | ASCII [input] tables have header record[s] |
| -J (upper case for width, lower case for scale) | Map projection (see below) |
| -JA lon ₀ /lat ₀ /width | Lambert azimuthal equal area |
| -JB lon ₀ /lat ₀ /lat ₁ /lat ₂ /width | Albers conic equal area |
| -JC lon ₀ /lat ₀ /width | Cassini cylindrical |
| -JD lon ₀ /lat ₀ /lat ₁ /lat ₂ /width | Equidistant conic |
| -JE lon ₀ /lat ₀ /width | Azimuthal equidistant |
| -JF lon ₀ /lat ₀ /horizon/width | Azimuthal Gnomonic |
| -JG lon ₀ /lat ₀ /width | Azimuthal orthographic |
| -JH lon ₀ /width | Hammer equal area |
| -JI lon ₀ /width | Sinusoidal equal area |
| -JJ lon ₀ /width | Miller cylindrical |
| -JKf lon ₀ /width | Eckert IV equal area |
| -JKs lon ₀ /width | Eckert VI equal area |
| -JL lon ₀ /lat ₀ /lat ₁ /lat ₂ /width | Lambert conic conformal |
| -JM width or -JM lon ₀ /lat ₀ /width | Mercator cylindrical |
| -JN lon ₀ /width | Robinson |
| -JOa lon ₀ /lat ₀ /az/width | Oblique Mercator, 1: origin and azimuth |
| -JObl lon ₀ /lat ₀ /lon ₁ /lat ₁ /width | Oblique Mercator, 2: two points |
| -JOcl lon ₀ /lat ₀ /lon _p /lat _p /width | Oblique Mercator, 3: origin and pole |
| -JP [awidth[/origin]] | Polar [azimuthal] (θ, r) (or cylindrical) |
| -JQ lon ₀ /width | Equidistant cylindrical (Plate Carrée) |
| -JR lon ₀ /width | Winkel Tripel |
| -JS lon ₀ /lat ₀ /width | General stereographic |
| -JT lon ₀ /width | Transverse Mercator |
| -JU zone/width | Universal Transverse Mercator (UTM) |
| -JV lon ₀ /width | Van der Grinten |
| -JW lon ₀ /width | Mollweide |
| -JX width[l pexp T t][height[l pexp T t]][d] | Linear, \log_{10}, x^a-y^b , and time |
| -JY lon ₀ /lat _s /width | General cylindrical equal area |
| -K | Append more PS later |
| -O | This is an overlay plot |
| -P | Select Portrait orientation |
| -R west/east/south/north[/zmin/zmax][r] | Specify Region of interest |
| -U [dx/dy][label] | Plot time-stamp on plot |
| -V | Run in verbose mode |
| -X [a c r]off[u] | Shift plot origin in x-direction |
| -Y [a c r]off[u] | Shift plot origin in y-direction |
| -b [i o][s S d D][ncol] | Select binary input or output |
| -ccopies | Set number of plot copies [1] |
| -f [i o]colinfo | Set formatting of ASCII input or output |
| -: [i o] | Expect y/x input rather than x/y |

Tab. 1: Standardisierte Parameter aller GMT-Tools

2.1.1 Farbeinstellungen

In GMT ist es möglich auf fünf unterschiedliche Weisen einem Parameter eine Farbe zuzuordnen.

- 1. Graustufen
Bei Graustufen wird ein Wert von 0 (schwarz) bis 255 (weiß) einem Parameter zugeordnet. Die Graustufen verteilen sich linear.
- 2. RGB
Diese Farben setzen sich aus den einzelnen Farben **R**ot, **G**rün und **B**lau zusammen (Additive Farbmischung). Der Wertebereich für jede Einzelfarbe liegt zwischen 0 und 255. Zwischen den Einzelfarben sind „/“ (Slash) vereinbart. Bsp.: 255/0/0 → Rot, 0/0/0 → Schwarz, 255/255/255 → Weiß
- 3. HSV (hue-saturation-value)
Hier werden der Farbton, die Sättigung und die Stärke vorgegeben. Der Farbton kann Werte zwischen 0 und 360 und die Sättigung und die Stärke Werte zwischen 0 und 1 annehmen. (Schwarz → s=1, v=0; Weiß → s=0, v=1) Diese Farbeinstellung eignet sich besonders zum Schattieren bzw. Abstufen gleicher Farbtöne. Zwischen den Einzelwerten sind „-“ (Minuszeichen) vereinbart, um sich von den RGB - Farbeinstellungen zu unterscheiden. Bsp.: 290-0.25-1 → Rosa [2]
- 4. CMYK
CMYK steht für Cyan/Magenta/Yellow/black (Subtraktive Farbmischung). Jeder Einzelwert liegt im Bereich vom 0% bis 100%. Bsp.: 100/0/0/0 → Cyan
- 5. Name
Unter Unix befindet sich die Datei „rgb.txt“ im Verzeichnis „/usr/X11R6/lib/X11“. In ihr sind über 600 Farben über die RGB-Kombinationen einem Namen zugeordnet (siehe <http://www.auf.uni-rostock.de/gg/niemeyer/#Sonstiges>). Mit dem Befehl „showrgb“ kann man sich unter Unix die Zuweisungen anzeigen lassen.

Die meisten Parameter sehen eine Option zum Einstellen der Farben vor. Die für diesen Beitrag wichtigsten Parameter sollen kurz in Tabelle 2 erklärt werden.

| Parameter | Kurze Erklärung |
|-----------|---|
| -l | Zeichnet Flüsse in einer bestimmten Strichstärke und Farbe |
| -N | Zeichnet nationale Grenzen in einer bestimmten Strichstärke und Farbe |
| -W | Zeichnet die Küstenlinien in einer bestimmten Strichstärke und Farbe |
| -G | Gibt die Farbe für trockene Gebiete (Kontinente) vor |
| -S | Gibt die Farbe für nasse Gebiete (Ozeane, Seen) vor |

Tab. 2: Spezielle Parameter mit bzw. für Farbeinstellungen

2.1.2 Region

Mit dem Parameter „-R“ werden die Grenzen einer Region festgelegt. Zum Darstellen von Deutschland wäre bspw. die Region 55°N, 47°N, 15°O und 6°O zu definieren (West/Ost/Süd/Nord → „-R6/15/47/55“). Die Angaben können in Dezimalgrad oder in Grad, Minute, Sekunde eingegeben werden. Die Längenangabe liegt im Bereich von 0° bis 360° („-Rg“) oder im Bereich von -180° bis 180° („-Rd“). Die Breitenangaben sind für die nördliche Halbkugel positiv und für die südliche Halbkugel negativ. Hängt man zusätzlich „r“ an die Regionsangaben (z.B. „-R6/15/47/55r“), dann beziehen sich die Angaben auf die untere linke Ecke und die obere rechte Ecke (x_{unten-links}/y_{unten-links}/x_{oben-rechts}/y_{oben-rechts}).

Mit der Projektion („-J“) wird dieses Gebiet in die Ebene abgebildet.

2.1.3 Kartenprojektionen und Maßstäbe

Da die Abbildung der Erdoberfläche in die Ebene nicht ohne Einschränkungen funktioniert, hat GMT für diese Zwecke verschiedene Projektionsarten implementiert. In Tabelle 1 sind alle unterstützten Projektionen unter dem Parameter „-J“ aufgeführt. Dabei wurde eine Einteilung in vier Kategorien vorgenommen.

In der ersten Kategorie befinden sich die Abbildungen auf eine Kugeloberfläche. Die zweite Kategorie beinhaltet Azimutale Projektionen. In der dritten Kategorie sind die Zylinderprojektionen und in der vierten die vermischten Projektionen aufgeführt.

Sechs Projektionen sollen hier für das Beispiel Deutschland erzeugt werden. Der Quellcode ist unter <http://www.auf.uni-rostock.de/gg/niemeyer/#Sonstiges> zu finden.

| | |
|-------|---|
| Abb.2 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -Js12/90/20.5i/60 -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xalc -P -O >> Niemeyer_Abb_10_azim_EqualAngle_polar.ps |
| Abb.3 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -JA12/52/7.5i -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xalc -P -O >> Niemeyer_Abb_11_azim_EqualArea_hemis.ps |
| Abb.4 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -JG12/52/7.5i -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xalc -P -O >> Niemeyer_Abb_12_azim_ortho.ps |
| Abb.5 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -J112/55/33/45/1:5000000 -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xalc -P -O >> Niemeyer_Abb_13_conic_conf.ps |
| Abb.6 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -JQ18/7.0i -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xal.5c -P -O >> Niemeyer_Abb_14_cyl_equidis.ps |
| Abb.7 | pscoast -R5.0/17.0/47.0/55.0 -JW12/7.0i -Ba10g5/5g5 -A200 -I1/1p,blue -N1/0.25p,...- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -Yalc -Xal.5c -P -O >> Niemeyer_Abb_15_misc_mollweide.ps |

Tab. 3: Quellcode zu Projektionen

Die Quellcodes der einzelnen Projektionsbeispiele unterscheiden sich im Namen der Ausgabedatei und in der Parametrisierung von „-J“. Dabei folgt die Eingabe folgendem Prinzip [2, Referenzhandbuch, S.28]:

-Jδ [parameter/]Maßstab → δ wird hier als Kleinbuchstabe verwendet. Als Parameter übergibt man die Parameter der Projektion. Wenn keine Parameter angegeben sind, beziehen sich die Parameter auf die unmittelbar vorher gemachten Angaben zur Projektion. Am Ende steht der Maßstab. Er berechnet sich nach der Gleichung 1 (Bsp. siehe Tab. 3, Zeile 1):

$$\text{Maßstab} = \frac{\text{Entfernungseinheiten}}{\text{Grad}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Er kann aber auch in der Form 1:xxxx angegeben werden (Bsp. siehe Tab. 3, Zeile 4).

-JΔ[parameter/]Breite → Δ wird hier als Großbuchstabe verwendet. Die Parameterübergabe funktioniert genau wie bei „-Jδ [parameter/]Maßstab“. Am Ende steht nicht der Maßstab, sondern eine feste Breite der Graphik. Die Höhe wird automatisch berechnet.

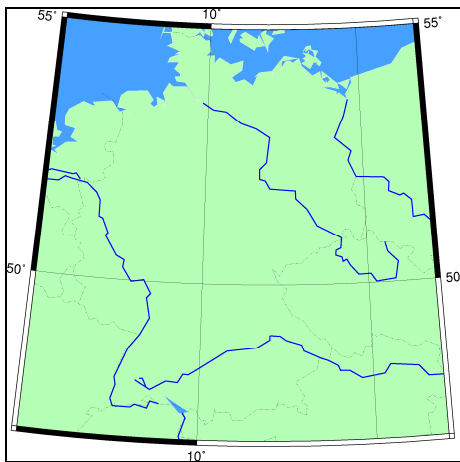


Abb. 2: Azimutal, winkeltreu

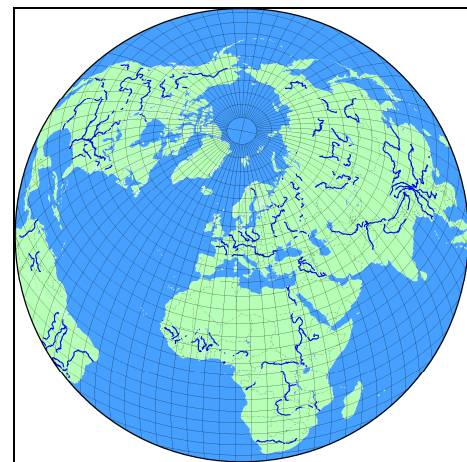


Abb. 3: Azimutal, flächentreu, Lambert



Abb. 4: Azimutal, orthographisch

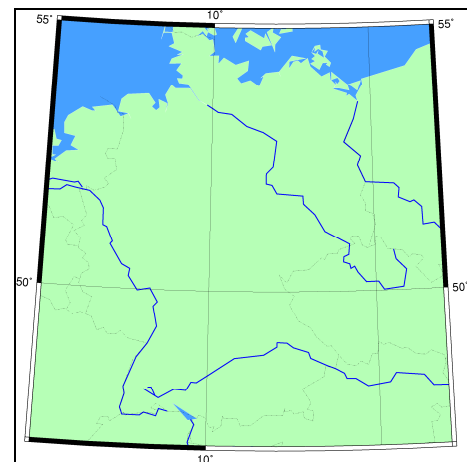


Abb. 5: Kegel, konform, Lambert

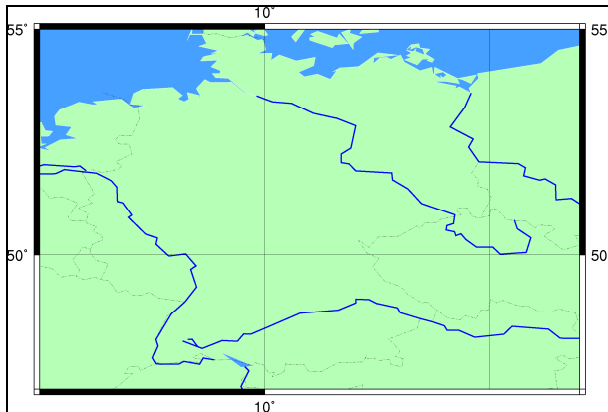


Abb. 6: Zylinder, equidistant

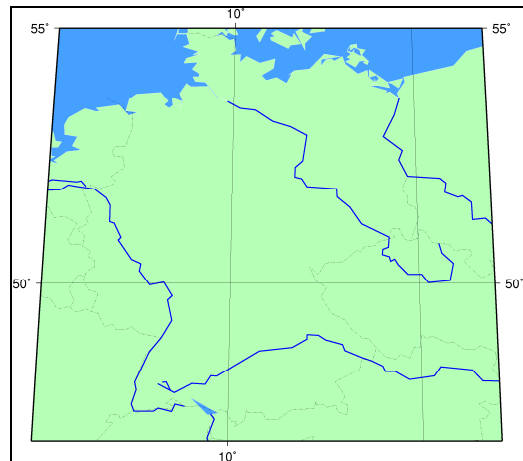


Abb. 7: Mollweide

Ausführlich werden die Projektionen auf der Internetseite http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/GMT_Docs/node72.html beschrieben.

2.1.4 Einheiten

GMT benutzt zum Dimensionieren von Längen oder Entfernungen die Einheiten **c** für cm, **i** für inch, **m** für meter oder **p** für point (1/72 eines inch). Abgesehen davon, dass im Vorfeld in der Datei „**gmtdefaults4**“ Grundeinstellungen durchgeführt werden können (siehe <http://www.auf.uni-rostock.de/gg/niemeyer/#Sonstiges>), gibt es zwei weitere Möglichkeiten, während des Programmablaufs Einheiten einzustellen.

Die erste Möglichkeit sieht vor, dass alle folgenden Längenangaben die gleiche Einheit haben. Der Befehl:

```
gmtset MEASURE_UNIT cm
```

nimmt eine Veränderung in der Datei „**gmtdefaults4**“ vor. Dabei schaltet man in die Einheit cm um.

Bei der zweiten Möglichkeit werden die Abkürzungen c, i, m oder p an den Wert angehängt.

Bsp.:

```
pscoast -R284.0/294.0/-27.0/-21.0 -Jx1.55c -Bg1 -Xa3.5c -Ya13.3c -I1/1p,blue  
-I2/0.25p,blue -N1/0.25p,- -W0.25,white -G182/255/182 -S70/160/255 -P >  
datei.ps
```

Mit „**-Xa3.5c**“ und „**-Ya13.3c**“ wird hier die Darstellung von pscoast in der ps-Datei um 3,5 cm nach rechts und 13,3 cm nach oben verschoben. Die Liniendicke der Flüsse ist mit „**-I2/0.25p**“ 0,25 points dick. Das Gleiche gilt auch für die Linienstärke der Ländergrenzen („**-N1/0.25p**“).

2.2 Tool: psbasemap

Die Erklärungen zum Tool „psbasemap“ sind unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/psbasemap.html> zu finden.

Da ein Ergebnis in einem Bereich der Größe DIN A4 gezeichnet werden soll, sollte dieser Bereich vernünftig und nachvollziehbar einzuteilen. Zu Anwendung kommt der Befehl:

```
psbasemap -JX22.5c/30.5c -R0/185/0/285 -Xa-0.5c -Ya-0.5c -B0 -P -K > anto.ps
```

Mit dem Parameter „-JX“ wird ein kartesisches Koordinatensystem aufgebaut, das 22,5 cm breit und 30,5 cm hoch ist. Nach DIN-Vorschrift hat das Format A4 eine Größe von 21,0 cm x 29,7 cm. Die Maße wurden größer gewählt, weil der Befehl „psbasemap“ den definierten Bereich mit einem schwarzen Rahmen umrandet, der sich nicht ausschalten lässt. Mit den Parametern „-Xa-0.5c -Ya-0.5c“ wird dieses ganze Koordinatensystem, mit dem Ursprung in der linken unteren Ecke, 5 mm nach unten und nach links versetzt. Somit liegt der unerwünschte Rahmen an jeder Seite außerhalb des A4-Bereichs und wird nicht dargestellt.

Der Parameter „-R0/185/0/285“ teilt den Bereich von 22,5 cm x 30,5 cm in 185 Spalten und 285 Zeilen ein. Das Koordinatensystem ist rechtwinklig, jedoch sind die Einheiten in x und y nicht gleich groß. Die Zeichenfläche (A4) soll aber so eingeteilt bleiben.

„-B0“ stellt den Kartenrahmen dar. Dieser Parameter ist einer der komplexesten in GMT. Der Kartenrahmen lässt sich mehrfach unterteilen. Zudem können Überschriften an ganz bestimmten Positionen eingeblendet werden. Für dieses Beispiel reicht eine Unterteilung in 3 untergeordnete Flags. Flag „a“ (Annotation tick spacing) bestimmt, in welchem Abstand die Gitterlinien seitlich beschriftet werden sollen. Flag „f“ (Frame tick spacing) fasst eine bestimmte Anzahl von Gitterlinien im Kartenrahmen hell bzw. dunkel zusammen. Flag „g“ (Grid tick spacing) zeichnet ausgewählte Gitterlinien. Bspw. lässt der Parameter „-Ba10f5g1“ alle 10° den Wert an den Kartenrahmen schreiben. 5 Gitterlinien bilden einen Teilbereich im Kartenrahmen (siehe Abb. 2, 5 & 6) und das Gitter wird auf jedem Grad dargestellt. [2]

„-P“ erstellt die Graphik im Portraitmodus. „-K“ hält das Postscriptdokument für den nächsten Befehl offen.

Für ein besseres Verständnis sind in den folgenden Abbildungen 8 - 11 ein paar Variationen dieses Befehls dargestellt. Der entsprechende Quellcode ist in Tabelle 4 aufgelistet.

| Abbildung | Befehl |
|-----------|--|
| Abb. 8 | <code>psbasemap -JX22.5c/30.5c -R0/185/0/285 -Xa-0.5c -Ya-0.5c -Bg0 -P > anto_norm.ps</code> |
| Abb. 9 | <code>psbasemap -JX22.5c/30.5c -R0/185/0/285 -Xa-0.5c -Ya-0.5c -Bg1 -P > anto_norm_gitter.ps</code> |
| Abb. 10 | <code>psbasemap -JX10.0c/10.0c -R0/185/0/285 -Xa-0.0c -Ya-0.0c -Bg1 -P > anto_A4_10x10_gitter.ps</code> |

Abb. 11

```
psbasemap -JX10.0c/10.0c -R0/185/0/285 -Xa5.0c -Ya11.0c -Ba20f10g5 -P >  
anto_A4_10x10_gitter2.ps
```

Tab. 4: Quellcode zu Abbildungen 8 – 11



Abb. 8: Kartenrahmen außerhalb von A4

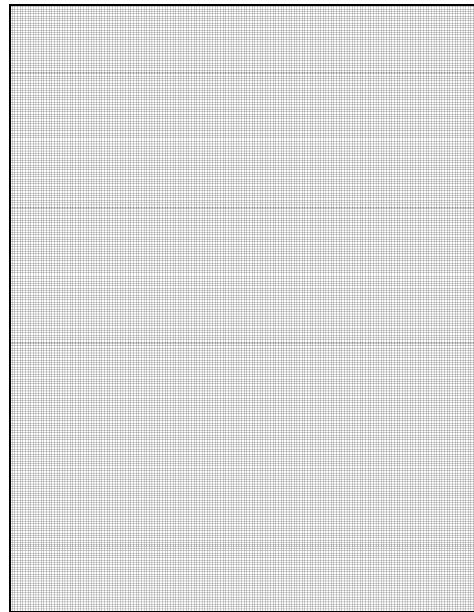


Abb. 9: 185 Spalten, 285 Zeilen

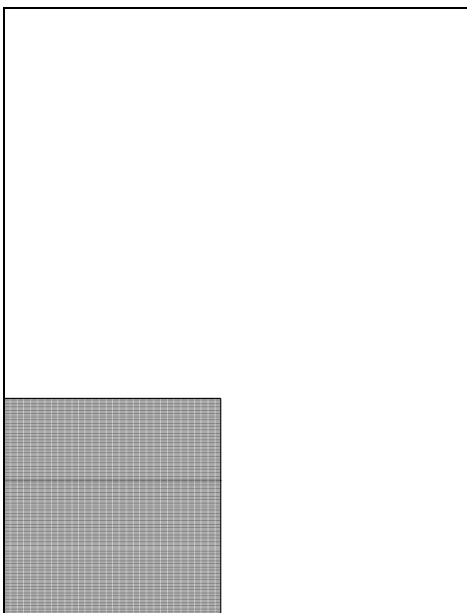


Abb. 10: Abb.9 verkleinert auf 10x10cm

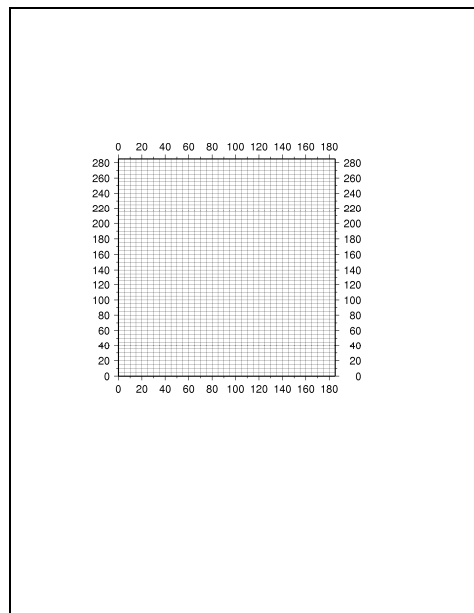


Abb. 11: Abb.10 besser aufgeteilt („-B“)

2.3 Tool: pscoast

„pscoast“ zeichnet Landmassen, Wassermassen, Küstenlinien, Grenzen und Flüsse in verschiedenen Auflösungen. Eine vollständige Erklärung von pscoast ist unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/pscoast.html> zu finden. Die Auflösung („-D“) ist in 5 Stufen unterteilt → (f)ull, (h)igh, (i)ntermediate, (l)ow, und (c)rude. Standardmäßig ist low eingestellt. Die Abbildungen 2 bis 7 wurden bereits mit „pscoast“ erstellt. Um

einen Eindruck der voreingestellten Auflösung und der vollen Auflösung zu bekommen, wurden Abbildung 12 und 13 erstellt.

Vergrößert man den Bereich bspw. um Stralsund weiter (siehe Abb. 14), merkt man, dass die Grenzen zwischen Wasser und Land immer grobauflösender werden. Als Orientierungshilfe ist eine rote Linie auf der Halbinsel Drigge eingezeichnet, die ca. 3 km Länge hat. Zwischen Stralsund und Rügen verläuft der Rügendamm über die Insel Dänholm. Dänholm wird von GMT nicht mehr dargestellt. Als Vergleich bietet sich ein Blick (ähnlicher Kartenausschnitt) bei Google Maps an, der unter dem Link <http://maps.google.de/maps?ll=54.288524,13.157762&z=12&hl=de&t=h> zu finden ist.

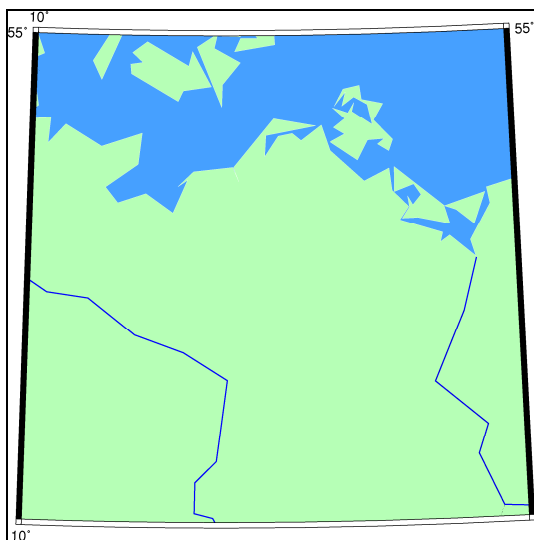


Abb. 12: Auflösung low

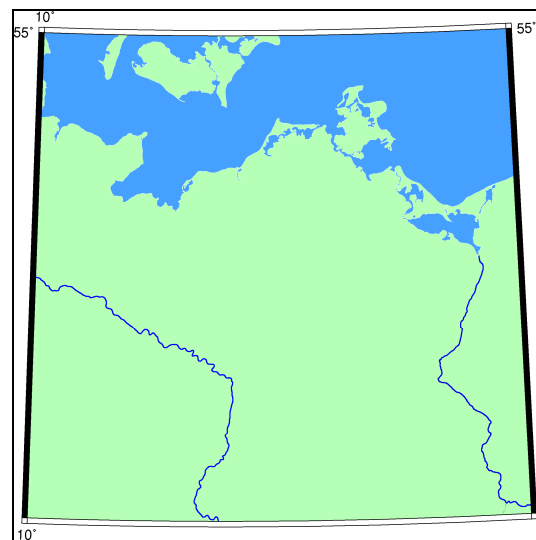


Abb. 13: Auflösung full



Abb. 14: Vergrößerung im Bereich Stralsund

2.4 Tool: psxy

Das Tool psxy ist ein sehr vielseitiges Tool. Mit ihm ist es möglich, Linien, Symbole, Kreise, Ellipsen etc. zu zeichnen. Einen kleinen Überblick bekommt man in Abb.15.

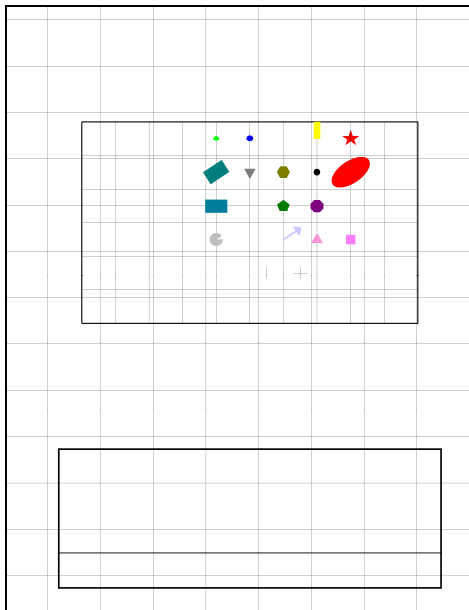


Abb. 15: psxy – Symbole und Linien mit sichtbarem Gitter von psbasemap

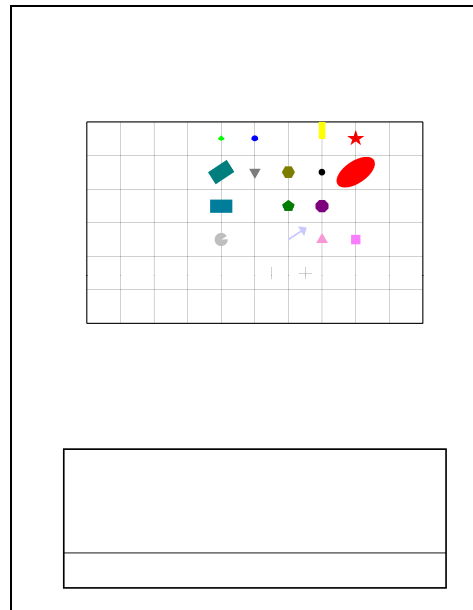


Abb. 16: wie Abb. 12, psbasemap-Gitter wurde jedoch unsichtbar geschaltet

Der Quellcode zu den Abbildungen 12 und 13 ist unter <http://www.auf.uni-rostock.de/gg/niemeyer/#Sonstiges> nachvollziehbar. Exemplarisch sollen zum besseren Verständnis einzelne Codezeilen erklärt werden.

Bsp.: Linien

```
echo Rahmenlinien definieren und zeichnen
echo 20 10 > line.xy
echo 120 10 >> line.xy
echo 165 10 >> line.xy
echo 165 70 >> line.xy
echo 120 70 >> line.xy
echo 20 70 >> line.xy
echo 20 10 >> line.xy
psxy line.xy -J -R -Sql -Gblack -W2p -K -P -O >> anto_norm_sym.ps
```

Mit dem Befehl „echo“ werden Koordinatenpaare in die Datei „line.xy“ geschrieben. „psxy“ ruft diese Datei („line.xy“) auf und verbindet („-Sql“) die einzelnen Koordinatenpaare mit einer schwarzen Linie („-Gblack“), die die Strichstärke 2 points („-W2p“) hat. Dabei wird die Projektion („-JX22.5c/30.5c“) und die Region („-R0/185/0/285“) von „psbasemap“ übernommen, um sich an diesem Koordinatensystem zu orientieren. Mit „-P“ wird der Portrait-Modus eingestellt. „-K“ sorgt dafür, dass weitere Tools in die ps-Datei aufgenommen werden können und „-O“ bestimmt, dass es sich um einen overlay plot handelt, d.h. Graphiken werden über vorhandene Graphiken gezeichnet.

Bsp.: Symbol "Stern"

```
echo -68 -21.5 | psxy -R-76.0/-66.0/-27.0/-21.0 -Jx1.55c -Xa3.5c -Ya13.3c -P  
-Sa0.8 -Gred -Bg1 -K -O >> anto_norm_sym.ps
```

Anders als beim Beispiel mit der Linie werden die Koordinaten des Symbols direkt nach „psxy“ geschrieben („**echo -68 -21.5** |“). Der Parameter „**-Sa0.8**“ erzeugt einen Stern in der Farbe Rot („**-Gred**“). Es wird eine neue Region („**-R-76/-66/-27/-21**“) definiert, die mit „**-Jx1.55c**“ in ein kartesisches, lineares Koordinatensystem mit der Maßstabsangabe 1,55c projiziert wird. „**-Bg1**“ macht diese Region sichtbar, indem es ein Gitter mit dem Abstand 1 zeichnet. „**-Jx1.55c -Ya13.3c**“ verschieben diese Region 1,55 cm nach rechts und 13,3 cm nach oben. Weitere Informationen sind unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/psxy.html> zu finden.

2.5 Tool: ptext

Mit „ptext“ ist es möglich, Textstrings an eine beliebige Stelle in der Darstellung zu platzieren. Da GMT mit jedem neuen Befehl vorhandene Graphiken überzeichnet, sollten alle Textausgaben ans Ende des Skriptes gesetzt werden. Es werden 35 Textfonts unter GMT zur Verfügung gestellt (siehe <http://www.auf.uni-rostock.de/gg/niemeyer/#Sonstiges>). Außerdem ist die Größe und Orientierung variabel. Mit Escape-Sequenzen (@) können spezielle Formatierungen vorgenommen werden, die jedoch hier nicht weiter beleuchtet werden sollen. Weitere Informationen sind unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/ptext.html> zu finden.

Als Beispiel für eine Textausgabe soll das Skript von pscoast dienen (Abbildung 14). „ptext“ benötigt 7 Eingangswerte (siehe folgende Codezeile).

```
echo 13.158 54.29 16 0 0 0 ca.3km | ptext -R -J -P -Xalc -Yalc -O >> file.ps
```

- Wert 1,2: geographische Länge & Breite
- Wert 3: Schriftgröße
- Wert 4: Drehwinkel (mathematisches System)
- Wert 5: Schriftart (siehe Anhang A.5)
- Wert 6: Versatz zur Länge und Breite (siehe Tab. 5)
- Wert 7: Textstring

Der Parameter 6 wird in der Tabelle 5 näher beschrieben.

| Parameter und Bedeutung | | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| TL → (Top Left) oben links | TC → (Top Center) oben mitte | TR → (Top Right) oben rechts |
| ML → (Middle Left) mitte links | MC → (Middle Center) mitte mitte | MR → (Middle Right) mitte rechts |
| BL → (Botton Left) unten links | BC → (Botton Center) unten mitte | BR → (Botton Right) unter rechts |

Tab. 5: Bedeutung Parameter 6

Alle anderen Parameter sind aus vorherigen Kapiteln bekannt.

2.6 Tool: psvelo

„psvelo“ gehört zu dem Zusatzpaket „MECA“. Dieses Tool ist in der Lage, Vektoren incl. Fehlerellipsen, Keile und Kreuze in Abhängigkeit ihrer Größe skaliert zu zeichnen. In diesem Beitrag soll lediglich auf die Vektoren eingegangen werden. Die Funktionsweise wird am folgenden Beispiel verdeutlicht.

```
echo -71.0 -27.0 0.0151 -0.0153 0.0 0.0 0.0 grid | psvelo -R -J -  
Se1.0c/0.99/0 -A0.08/0.3/0.15 -Gdarkred -W0.25p,black -Eblack -O -K -V >>  
file.ps
```

Auch hier ist zu erkennen, dass dem Tool „psvelo“ über die „echo“-Anweisung Werte zugeführt werden. Sollten sehr viele Vektoren dargestellt werden, ist es besser, alle Daten in eine gesonderte Datei zu speichern und diese Datei „psvelo“ zu übergeben. Die Bedeutung der Werte richtet sich nach dem Parameter „-S“. Die ausführliche Beschreibung ist unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/psvelo.html> gespeichert. Für das Beispiel wurde der Parameter „-Se“ gewählt. Dieser Parameter verlangt nach folgenden Werten in der Reihenfolge:

- Wert 1,2: geographische Länge & Breite
- Wert 3,4: Länge in Ost- & Nordrichtung
- Wert 5,6: mittlere Fehler der Länge in Ost- und Nordrichtung
- Wert 7: Korrelationskoeffizient zwischen den Längen in Ost- und Nordrichtung
- Wert 8: Name der Station

Dem Parameter „-Se“ sind 3 Zahlenwerte nachgestellt. Der erste Wert gibt eine Skalierung der Vektoren vor. Auf diese Weise kann man unkompliziert vordefinierte Vektoren nachskalieren. Der zweite Wert enthält eine statistische Größe, die Sicherheitswahrscheinlichkeit. Sie wird für die Berechnung der Fehlerellipsen benötigt. Der dritte Wert ist die Schriftgröße des Namens. Ist dieser Wert 0, wird keine Textdarstellung generiert.

Mit „-A“ lassen sich die Proportionen der Vektorpfeile dimensionieren. Die nachfolgenden 3 Werte sind die Pfeilbreite, die Kopfbreite und die Kopflänge.

Mit „psvelo“ ist es möglich, die Vektoren schattiert zu zeichnen. „-G“ legt die Hauptfarbe und „-E“ die Schattenfarbe fest.

Alle anderen Parameter sind aus vorhergehenden Kapiteln bekannt.

2.7 Tool: psmeca

„psmeca“ gehört auch zu dem Zusatzpaket „MECA“. Es soll hier nur kurz erwähnt werden, da es sich dabei um ein typisches primäres Informationssymbol aus der Seismologie handelt. Die Zweideutigkeit einer Erdbebenherdflächenlösung kann damit dargestellt werden („Beachball“). Die weiterführenden Informationen sind unter <http://gmt.soest.hawaii.edu/gmt/doc/html/psmeca.html> zu finden.

```
echo -70.74 -24.17 13.74 174.0 22.0 87 7.989 -70.74 -24.17 | psmeca -R -J -  
Sa0.5c/12 -G255/0/0 -C4/0/0/0 -W4/0/0/0 -L2 -K -O >> file.ps
```

Die Werte werden in folgender Reihenfolge übergeben:

- Wert 1,2 geographische Länge & Breite
- Wert 3 Tiefe der Herdfläche in [km]
- Wert 4,5,6 strike, dip, rake in [°]
- Wert 7 Magnitude
- Wert 8,9 geographische Länge & Breite des Symbols
- Wert 10 Zeichenkette

Der Parameter „-**Sa0.5c/12**“ ist für die Reihenfolge und die Werte verantwortlich. Die Erdbebenherdflächenlösung wird mit ihm nach den Konventionen von Aki und Richards gezeichnet. Mit dem ersten Folgewert kann das Symbol nachskaliert werden (ähnlich wie psvelo). Die Größe des Symbols hängt dabei von der Magnitude ab. Der zweite Wert legt die Schriftgröße für die Zeichenkette fest. Mit „-**C**“ und „-**W**“ werden Strichstärken und Farben festgelegt. „-**L**“ zeichnet das Herdflächensymbol mit bestimmten Attributen.

3 Anwendung: Kartendarstellung

In Anlehnung an die Diplomarbeit von Frank Niemeyer soll ein Kartenausschnitt des „Antofagasta“-Erdbeben vom 30.07.1995 in Südamerika mit modellierten Dislokationsvektoren erstellt werden. Der Centroid Moment Tensor Katalog [3] macht zu diesem Erdbeben folgende Angaben:

073095A NEAR COAST OF NORTHERN C

```
Date: 1995/ 7/30 Centroid Time: 5:11:56.9 GMT  
Lat= -24.17 Lon= -70.74  
Depth= 28.7 Half duration=16.0  
Centroid time minus hypocenter time: 33.4  
Moment Tensor: Expo=27 8.261 0.425 -8.686 0.302 -8.674 0.642  
Mw = 8.0 mb = 6.6 Ms = 7.3 Scalar Moment = 1.21e+28  
Fault plane: strike=354 dip=22 slip=87  
Fault plane: strike=177 dip=68 slip=91
```

Folgende Elemente sollen dargestellt werden:

- Wasserfläche (blau), Landfläche (grün), politische Grenzen (gestrichelt)
- GPS-Meßstationen (als dunkelgrüner Kreis mit Namen), Rasterpunkte (Kreis, normales grau)
- Dislokationsvektoren in der horizontalen Ebene (rot gefüllt, schwarz umrandet)
- Erdbebenherdfläche in der Draufsicht
- ein Stern und das Herdflächenlösungssymbol am Epizentrum
- eine kleine Legende

Viele Skriptsprachen lassen Berechnungen während des Programmablaufs zu. Eine individuelle Anpassung der Parameter ist somit möglich. Da hier nur ein einfaches

Als sehr hilfreich wurde die Homepage von GMT bewertet. Grundlegende Fragen werden beantwortet. Referenzbücher und Hilfsdokumente stehen sowohl in einer html-Version als auch als pdf-Version zur Verfügung. Anhand von Beispielen und Tutorials lassen sich viele Parametereinstellungen nachvollziehen. Die wichtigsten Installationspakete stehen auf mehreren Servern downloadbar bereit. Da GMT sowohl unter Unix als auch unter Windows läuft, gibt es entsprechende Installationshilfen. Sollten grundlegende Probleme während der Anwendung auftauchen, werden diese unter den Rubriken „BUGS“ und „ARRRGHH“ veröffentlicht. Zudem sind auch ältere Versionen downloadbar.

5 Ausblick

GMT gibt es schon seit 1988. Es wurde über die Jahre unter Unix und später unter Windows immer weiter entwickelt und hat die Arbeit einer breiten Masse von Wissenschaftlern erleichtert. Im Internetzeitalter wird GMT seinen Platz behalten, auch wenn Anbieter, wie z.B. Google Earth, mit ihren Tools immer vielseitiger werden. GMT hat sich in verschiedenen Teilsparten der Wissenschaft etabliert. Aus aller Welt kommen Weiterentwicklungen hinzu, die sehr speziellen Charakter haben. Gerade das ist das Besondere an GMT. Positiv muss zudem bemerkt werden, dass GMT kostenfrei erhältlich ist und lizenzfrei benutzt werden darf. GMT ist aus der Welt der Wissenschaft nicht wegzudenken.

Literatur

- [1] Niemeyer, F.: Zum Effekt von kleinen Erdbeben auf das gegenwärtige Deformationsfeld der Erdoberfläche. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, 2007
- [2] Wessel, P.: The Generic Mapping Tools . URL: <http://gmt.soest.hawaii.edu/> .
Letzter Zugriff am 14.06.2007
- [3] Ekström, G.; Nettles, M.: Global CMT Catalog Search . URL:
<http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html> . Letzter Zugriff am 06.06.2007

Kontakt

Dipl.-Ing. Frank Niemeyer
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Institut für Management ländlicher Räume (MLR)
Professur für Geodäsie und Geoinformatik
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
e-mail: frank.niemeyer@uni-rostock.de